

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-149213

(43)Date of publication of application : 21.05.2003

(51)Int.Cl.

G01N 29/06

B06B 1/06

G01N 29/00

G01N 29/24

H04R 1/34

(21)Application number : 2001-348282

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 14.11.2001

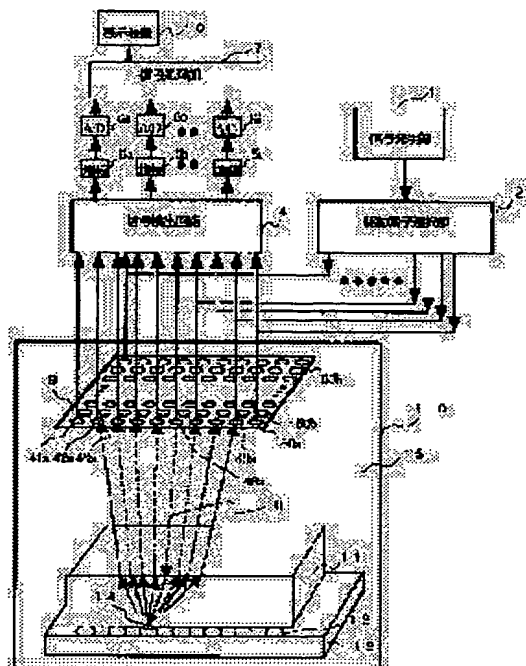
(72)Inventor : KARASAWA HIROICHI
NAKAMOTO MASAYUKI
OCHIAI MAKOTO
FUKUDA KATSUYOSHI

(54) ULTRASONIC INSPECTING APPARATUS, ULTRASONIC TRANSDUCER, AND INSPECTING APPARATUS

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an ultrasonic inspecting apparatus, an ultrasonic transducer, and an inspecting apparatus capable of easily and speedily performing inspection with high resolution.

SOLUTION: Barium titanates (BaTiO_3) or lead zirconate titanates (PZT) are used for a piezoelectric body constituting the ultrasonic transducer, and its thickness is between $0.1\text{--}100\text{ }\mu\text{m}$. The ultrasonic transducer is provided with a drive part capable of driving any one among piezoelectric layers, a detecting part for detecting electric signals generated by the plurality of the piezoelectric layers from echoes from an object to be irradiated with ultrasonic waves generated by the driven piezoelectric layers, and a processing part for processing the state of the object to be irradiated from the detected electric signals so as to be visualized.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

16.06.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

Searching : NO
[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

国際調査報告

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-149213

(P2003-149213A)

(43) 公開日 平成15年5月21日 (2003.5.21)

文献
1

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード (参考)
G 0 1 N 29/06		G 0 1 N 29/06	2 G 0 4 7
B 0 6 B 1/06		B 0 6 B 1/06	A 5 D 0 1 9
G 0 1 N 29/00	5 0 1	G 0 1 N 29/00	5 0 1 5 D 1 0 7
29/24	5 0 2	29/24	5 0 2
H 0 4 R 1/34	3 3 0	H 0 4 R 1/34	3 3 0 B

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 11 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-348282(P2001-348282)

(22) 出願日 平成13年11月14日 (2001. 11. 14)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

東京都港区芝浦一丁目1番1号

(72) 発明者 唐沢 博一

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株

式会社東芝横浜事業所内

(72) 発明者 中本 正幸

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株

式会社東芝研究開発センター内

(74) 代理人 100077849

弁理士 須山 佐一

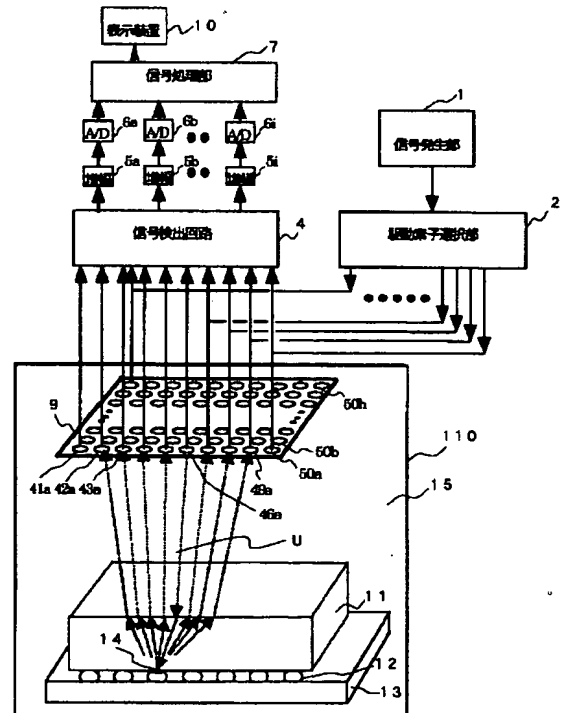
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波検査装置、超音波トランスデューサ、検査装置

(57) 【要約】

【課題】 手軽で、手早く検査ができ、高解像度化が可能な超音波検査装置、超音波トランスデューサ、検査装置を提供すること。

【解決手段】 超音波トランスデューサを構成する圧電体にチタン酸バリウム (BaTiO₃) またはジルコン酸チタン酸鉛 (PZT) を用い、厚さを0.1 μmないし100 μmとする。圧電体層のうち任意のものを駆動可能な駆動部と、駆動された圧電体層が発する超音波による照射対象からのエコーにより複数の圧電体層が発生する電気信号を検出する検出部と、検出された電気信号から照射対象の状態を可視化する処理を行なう処理部とを具備する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板と、前記基板上に形成された共通電極と、前記共通電極上にマトリクス状に独立して複数形成された圧電体層と、前記圧電体層上にそれぞれ形成された複数の上部電極とを有する超音波トランスデューサと、

前記上部電極に接続され、前記上部電極から前記圧電体層のうち任意のものを駆動可能な駆動部と、

前記上部電極に接続され、前記駆動された圧電体層が発する超音波による照射対象からのエコーにより前記複数の圧電体層が発生する電気信号を前記複数の上部電極から検出する検出部と、

前記検出された電気信号から前記照射対象の状態を可視化する処理を行なう処理部とを具備し、

前記超音波トランスデューサの前記圧電体層は、チタン酸バリウムまたはジルコン酸チタン酸鉛を有し、かつ、厚さが $0.1 \mu\text{m}$ ないし $100 \mu\text{m}$ であることを特徴とする超音波検査装置。

【請求項 2】 液体を収容可能な容器であって、前記収容された液体中に前記超音波トランスデューサと前記照射対象とを浸漬し得る前記容器をさらに具備することを特徴とする請求項 1 記載の超音波検査装置。

【請求項 3】 前記処理部は、音響媒質と前記照射対象との界面で生じる超音波の屈折を計算することにより前記照射対象内での超音波経路を特定することを特徴とする請求項 1 記載の超音波検査装置。

【請求項 4】 前記超音波トランスデューサの前記基板の裏面に設けられ、前記照射対象との間に挟持され得るカップラントをさらに具備することを特徴とする請求項 1 記載の超音波検査装置。

【請求項 5】 基板と、
前記基板上に形成された半導体集積回路と、
前記基板の裏面側に形成された共通電極と、
前記共通電極上にマトリクス状に独立して複数形成された圧電体層と、
前記圧電体層上にそれぞれ形成された複数の上部電極とを具備し、

前記圧電体層は、チタン酸バリウムまたはジルコン酸チタン酸鉛を有し、かつ、厚さが $0.1 \mu\text{m}$ ないし $100 \mu\text{m}$ であることを特徴とする超音波トランスデューサ。

【請求項 6】 針状構造を有する複数の接触端子と、
前記接触端子に接続され、前記接触端子のうち任意のものから駆動電圧を発生させるための駆動部と、
前記接触端子に接続され、前記発生させられた駆動電圧を原因として検査対象から前記接触端子に返信される電気信号を前記複数の接触端子から検出する検出部と、
前記検出された電気信号と前記任意の接触端子の位置とから前記検査対象の状態を可視化する処理を行なう処理部とを具備することを特徴とする検査装置。

【請求項 7】 請求項 5 記載の超音波トランスデューサ

と、

請求項 6 記載の検査装置とを備え、

前記超音波検査装置の前記接触端子は、前記超音波トランスデューサの前記上部電極にそれぞれ対応して設けられていることを特徴とする超音波検査装置。

【請求項 8】 一面を有する共通電極と、前記共通電極の一面上に形成された圧電体層と、前記圧電体層上に形成された上部電極とを有する超音波トランスデューサと、

10 前記上部電極に接続され、前記上部電極から前記圧電体層を駆動可能な駆動部と、

前記上部電極に接続され、前記駆動された圧電体層が発する超音波による照射対象からのエコーにより前記圧電体層が発生する電気信号を前記上部電極から検出する検出部と、

前記超音波トランスデューサを前記照射対象と相対的に走査移動する走査移動機構と、

前記検出された電気信号と前記走査移動された超音波トランスデューサの位置とから前記照射対象の状態を可視化する処理を行なう処理部とを具備し、

20 前記超音波トランスデューサの前記圧電体層は、チタン酸バリウムまたはジルコン酸チタン酸鉛を有し、かつ、厚さが $0.1 \mu\text{m}$ ないし $100 \mu\text{m}$ であることを特徴とする超音波検査装置。

【請求項 9】 液体を収容可能な容器であって、前記収容された液体中に前記超音波トランスデューサと前記照射対象とを浸漬し得る前記容器をさらに具備することを特徴とする請求項 8 記載の超音波検査装置。

【請求項 10】 前記共通電極は、前記形成された圧電体層との界面に界面化合物層を有することを特徴とする請求項 1 または 8 記載の超音波検査装置。

【請求項 11】 前記共通電極は、前記形成された圧電体層との界面に界面化合物層を有することを特徴とする請求項 5 記載の超音波トランスデューサ。

【請求項 12】 レーザー光を間欠的にまたは強度変調して発生するレーザー光源と、
前記発生されたレーザー光をスポット状にして照射対象に照射する照射光学系と、
前記照射光学系を前記照射対象と相対的に走査移動する走査移動機構と、

40 前記照射されたレーザー光により発生された前記照射対象中の超音波のエコーによる前記照射対象表面での振動変位を、レーザー光を用いる変位測定方法により非接触で検出し電気信号に変換する振動変位検出部と、
前記変換された電気信号と前記走査移動された照射光学系の位置とから前記照射対象の状態を可視化する処理を行なう処理部とを具備することを特徴とする超音波検査装置。

【請求項 13】 前記カップラントは、シート上の固体または少量の液体からなることを特徴とする請求項 4 記

載の超音波検査装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、超音波を用いて半導体チップや金属、セラミック部品等の内部欠陥や剥れなどの異常を検査する超音波検査装置、およびそのための超音波トランスデューサ、検査装置に係り、特に、手軽で手早く、より精密に異常を検査するのに適する超音波検査装置、超音波トランスデューサ、検査装置に関する。

【0002】

【従来の技術】超音波による半導体チップ（集積回路：IC）等の微細構造物の検査は、半導体チップの機能面と配線基板とを接合する半田やそれらの間隙に充填された充填材の状態を検査する等の目的で行われる。

【0003】このような検査のやり方の一つとして、単眼の超音波トランスデューサを水中で機械走査しながらトランスデューサから水を介して超音波を検査対象に照射し、検査対象を伝搬してエコーとなって帰還する超音波を上記トランスデューサで捉え、これにより得られる信号を処理して検査対象の状態を判別するものがある。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】このような検査方法で現在問題となりつつあるのは、水浸での機械走査に手間と時間がかかり、半導体チップ等の場合は検査後にチップが使用できないこと、さらに、検査対象となる半導体チップの接続端子がますます狭面積、狭ピッチとなり、現状の検査精度では異常判別能力が不足する可能性があることである。

【0005】上記のような超音波トランスデューサは、その主要部を酸化亜鉛、酸化すずなどの圧電材料を膜化して製造し得るが、検出感度確保の意味である程度の膜厚が必要である。しかし、実用上、膜厚を厚く確保すると発生させる超音波の周波数の上限が限られてしまう。周波数は、ほとんど検出解像度と連動しており、したがって、異常判別能力の不足につながる。

【0006】圧電材料として変換感度の高いものを選択すれば膜厚をより薄くてもよく、したがって、駆動周波数を高くして高解像度化が可能であることは理解されるが、ばらつきなく形成することには一般的に難がある。

【0007】本発明は、上記した状況を考慮してなされたもので、超音波を用いて半導体チップと配線基板との接続部分などの異常を検査する超音波検査装置、およびそのための超音波トランスデューサ、検査装置において、手軽に手早く検査でき、より高解像度化が可能な超音波検査装置、超音波トランスデューサ、検査装置を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するため、本発明に係る超音波検査装置は、基板と、前記基板

10

20

30

40

50

上に形成された共通電極と、前記共通電極上にマトリクス状に独立して複数形成された圧電体層と、前記圧電体層上にそれぞれ形成された複数の上部電極とを有する超音波トランスデューサと、前記上部電極に接続され、前記上部電極から前記圧電体層のうち任意のものを駆動可能な駆動部と、前記上部電極に接続され、前記駆動された圧電体層が発する超音波による照射対象からのエコーにより前記複数の圧電体層が発生する電気信号を前記複数の上部電極から検出する検出部と、前記検出された電気信号から前記照射対象の状態を可視化する処理を行なう処理部とを具備し、前記超音波トランスデューサの前記圧電体層は、チタン酸バリウム（ BaTiO_3 ）またはジルコン酸チタン酸鉛（PZT）を有し、かつ、厚さが $0.1\mu\text{m}$ ないし $100\mu\text{m}$ であることを特徴とする。

【0009】すなわち、圧電体層膜の材料として、チタン酸バリウムあるいはジルコン酸チタン酸鉛を用いる。これらの材料は、酸化亜鉛と比較して、電気機械結合係数が大きく、電気的なエネルギーと機械的な振動エネルギーとの間の変換効率が高いため、超音波の発生・検出に適している。さらに、酸化亜鉛と比較して、誘電率が大きいために、これを例えばパルス駆動する際に、パルス電源との電気的整合性にも優れている。

【0010】膜厚としては、上記変換効率の高さを活用して、 $0.1\mu\text{m}$ ないし $100\mu\text{m}$ に形成する。これにより、圧電体層が発生する超音波の周波数は例えば20MHz程度まで高めることが可能になり、十分な高解像度化が達成できる。膜厚は、より実用的には $0.5\mu\text{m}$ ないし $30\mu\text{m}$ 程度に形成すると好ましい。

【0011】なお、圧電材料として、チタン酸バリウムを使用する場合には、キュリー温度がジルコン酸チタン酸鉛と比較して若干低い（約 130°C ）ため、格子定数の不整合歪みを利用して人為的にキュリー温度を上昇させて使用するとより好ましい。

【0012】また、チタン酸バリウム、ジルコン酸チタン酸鉛の圧電体層を形成するための堆積方法としては、スパッタリング法などの物理蒸着法、ゾルゲル法などの溶液塗布法、MOCVD（metal organic chemical vapor deposition）などの化学蒸着法などを用いることができる。これらの圧電体の膜は、多結晶膜でもエピタキシャル成長による膜でもよいが、エピタキシャル成長などを用いて結晶の方位をそろえた方がより高い圧電変換特性が得られより好ましい。また、別の方法として、圧電体膜を上記所定の厚さに薄膜化してあらかじめ形成することもでき、それには研磨や切削加工の方法を用いることができる。この場合には、研磨などで薄膜化した圧電体を所定の方法（後述）で共通電極上に接着することができる。

【0013】また、共通電極、上部電極の材料としては、Pt、Irなどの貴金属、あるいは、 SrRuO_3

などの導電性酸化物の膜などを挙げることができる。SrRuO₃などの導電性酸化物は、貴金属類と比較して電気抵抗が若干高いという欠点がある一方、上記のような圧電体の膜との界面の整合性がよく、機械的にも剥がれにくいという特徴がある。電極の形成には例えばスパッタリングを用いることができる。

【0014】また、圧電体の薄膜形成技術を用いて、マトリクス状に複数の圧電素子を作製する方法としては、例えばスパッタリング成膜の際にマスクを用いて所望の領域のみに圧電体膜を堆積してもよいし、または、全面に膜を堆積した後に、化学エッチングなどの方法で不要な部分の膜を除去してもよい。一般に、化学エッチングを用いる方法の方が、より微細で寸法精度の高い加工が可能であるのでより好ましい。

【0015】また、本発明に係る超音波トランスデューサは、基板と、前記基板上に形成された半導体集積回路と、前記基板の裏面側に形成された共通電極と、前記共通電極上にマトリクス状に独立して複数形成された圧電体層と、前記圧電体層上にそれぞれ形成された複数の上部電極とを具備し、前記圧電体層は、チタン酸バリウムまたはジルコン酸チタン酸鉛を有し、かつ、厚さが0.1 μmないし100 μmであることを特徴とする。

【0016】この超音波トランスデューサは、上記の超音波検査装置における超音波トランスデューサの構成を、機能面に集積回路が形成された半導体チップの裏面に形成するものである。超音波トランスデューサとしては、ほぼ上記の説明が当てはまる。なお、圧電体の面積を例えば500 μm×500 μm程度以下に設定すれば、異常探知すべき端子の狭小化に十分対応することができる。

【0017】また、本発明に係る検査装置は、針状構造を有する複数の接触端子と、前記接触端子に接続され、前記接触端子のうち任意のものから駆動電圧を発生させるための駆動部と、前記接触端子に接続され、前記発生させられた駆動電圧を原因として検査対象から前記接触端子に返信される電気信号を前記複数の接触端子から検出する検出部と、前記検出された電気信号と前記任意の接触端子の位置とから前記検査対象の状態を可視化する処理を行なう処理部とを具備することを特徴とする。

【0018】この検査装置は、上記の超音波トランスデューサと組み合わせて超音波検査を行ない得るものである。超音波トランスデューサの上部電極と検査装置との信号のやり取りは、針状構造を有する接触端子によりなされる。したがって、このような組み合わせにより、超音波検査は、上記説明と同様に十分高解像度化が達成できる。

【0019】なお、接触端子には、例えば、先鋭な電界放出型冷陰極、より好ましくは転写モールド法冷陰極を用いることができる。これらの電極により、狭面積の上部電極との十分な電氣的接触状態が実現できる。上記の

超音波トランスデューサと組み合わせる場合には、超音波検査装置の接触端子は、超音波トランスデューサの上部電極にそれぞれ対応して設けられるようにする。

【0020】さらに、本発明に係る超音波検査装置は、一面を有する共通電極と、前記共通電極の一面上に形成された圧電体層と、前記圧電体層上に形成された上部電極とを有する超音波トランスデューサと、前記上部電極に接続され、前記上部電極から前記圧電体層を駆動可能な駆動部と、前記上部電極に接続され、前記駆動された圧電体層が発する超音波による照射対象からのエコーにより前記圧電体層が発生する電気信号を前記上部電極から検出する検出部と、前記超音波トランスデューサを前記照射対象と相対的に走査移動する走査移動機構と、前記検出された電気信号と前記走査移動された超音波トランスデューサの位置とから前記照射対象の状態を可視化する処理を行なう処理部とを具備し、前記超音波トランスデューサの前記圧電体層は、チタン酸バリウムまたはジルコン酸チタン酸鉛を有し、かつ、厚さが0.1 μmないし100 μmであることを特徴とする。

【0021】この超音波検査装置は、超音波トランスデューサとしてマトリクス状の圧電体層を形成したものをを用いることなく、超音波トランスデューサ自体の機械的走査を行なうことによって照射対象の状態を探知する。超音波トランスデューサの圧電体層についての特徴部分は、ほぼすでに説明した通りである。

【0022】また、本発明に係る超音波検査装置は、レーザー光を間欠的にまたは強度変調して発生するレーザー光源と、前記発生されたレーザー光をスポット状にして照射対象に照射する照射光学系と、前記照射光学系を前記照射対象と相対的に走査移動する走査移動機構と、前記照射されたレーザー光により発生された前記照射対象中の超音波のエコーによる前記照射対象表面での振動変位を、レーザー光を用いる変位測定方法により非接触で検出し電気信号に変換する振動変位検出部と、前記変換された電気信号と前記走査移動された照射光学系の位置とから前記照射対象の状態を可視化する処理を行なう処理部とを具備することを特徴とする。

【0023】この超音波検査装置は、間欠的にまたは強度変調して発生されたレーザー光をスポット状にして照射対象に照射することにより高解像度化を図る。スポット状にすることにより照射対象上の正確な位置に極めて小面積の超音波発生源を作ることができる。したがって、そのエコーを捉えることにより高解像な探知が可能になる。

【0024】

【発明の実施の形態】本発明の実施態様として、超音波検査装置は、液体を収容可能な容器であって、前記収容された液体中に前記超音波トランスデューサと前記照射対象とを浸漬し得る前記容器をさらに具備する。超音波の伝搬特性が気体より優れる例えば水を音響媒質として

用いるものである。

【0025】また、本発明の実施態様として、超音波検査装置の前記処理部は、音響媒質と前記照射対象との界面で生じる超音波の屈折を計算することにより前記照射対象内での超音波経路を特定する。音響媒質が照射対象（検査対象）と異なる物質である場合に対応するものである。

【0026】また、本発明の実施態様として、超音波検査装置は、前記超音波トランスデューサの前記基板の裏面に設けられ、前記照射対象との間に挟持され得るカップラントをさらに具備する。これにより、基板と照射対象を水浸する必要がなくなり効率的かつ簡便に超音波を照射することができる。その際カップラントにより照射対象や基板を汚したり傷を発生させることがなく、かつ、照射対象からカップラントを容易に取り除くことができる。また、基板を照射対象と同質の材料（例えばシリコン、エポキシ、セラミック、金属等）とすれば、トランスデューサと照射対象との間での屈折の影響が小さく信号処理も簡単になる。

【0027】カップラントには、水やアルコール等の液体、水やアルコールを浸した繊維状のメッシュ材料、柔軟性のある有機材料、セラミック、金属材料などを用いることができる。カップラントの厚さは、検査に用いる超音波の波長より十分薄いものを用いると検査に与える影響が小さく好ましい。

【0028】また、本発明の実施態様として、超音波トランスデューサの前記共通電極は、前記形成された圧電体層との界面に界面化合物層を有する。この界面化合物層は、共通電極と圧電体層との接着層として機能する。圧電体を研磨や切削加工で薄膜化してあらかじめ形成した場合には、後工程で共通電極との安定な接着を必要とする。このため界面化合物層を利用するものである。

【0029】界面化合物層を形成するには、静電接着法を用い、静電接着層としては、例えば、ガラス（好ましくは可動性イオンを有するガラス）、水ガラス、SiO₂、Al、Ta、Ti、Ni、Si、Mo、Cr、Ge、Ga、As、コパール、Fe、Mg、ベリリウムなどを用いることができる。その層の厚さは1ないし100原子層の厚さにすると好ましい。これは100原子層を超えると接着性が飽和するからである。

【0030】また、接着の際に、圧電体の表面粗さは、その厚さ（0.1μmないし100μm、さらに好ましくは0.5μmないし30μm）の1%以下に設定し、さらには、界面化合物層となる接着層の表面粗さも同様に設定すると密着性が向上し安定な接着に至るので好ましい。

【0031】さらに、静電接着法を用いず、基板（共通電極）と分極処理した圧電体層とを、分極に起因する静電引力で接着させてもよく、これにより共通電極との平坦な接着状態が容易に得られる。この場合、圧電体層上

に、スパッタリング法で形成した金属層を形成すると、さらに密着性が高まる。また、圧電体を共通電極と接着させたあとでも、圧電体を分極状態にすることで、圧電体上に上部電極を安定に形成することができる利点がある。さらに、これにより圧電体層のうねりや界面化合物層の厚さ不均一に起因する感度や解像度の低下も防止できる。

【0032】以下では、本発明の実施形態を半導体チップの検査を例に、図面を参照しながら説明する。

10 （第1の実施の形態）図1は、本発明の第1の実施形態に係る超音波検査装置の構成を説明する構成図である。同図に示すように、この超音波検査装置は、超音波トランスデューサ9、信号発生部1、駆動素子選択部2、信号検出回路4、増幅器5a、5b、…、5i、A/D変換器6a、6b、…、6i、信号処理部7、表示装置10、検査容器110を有する。検査容器110内には水15が収容され、この水15に浸漬されて超音波トランスデューサ9と検査対象（超音波の照射対象）たる半導体チップ11、配線基板13、接続半田12（以下では、半導体チップ11、配線基板13、接続半田12をまとめて「半導体チップ11等」という。）が配置される。

【0033】超音波トランスデューサ9は、圧電体を含む複数の圧電変換部41a、42a、43a、…、49a、50a、50b、…、50hをマトリックス状に配置したものであり、そのそれぞれの圧電変換部41a等は、駆動素子選択部2の選択により駆動されるものが決定されて信号発生部1からの駆動信号が導線で導かれる。また、それぞれの圧電変換部41a等が発生する電気信号は導線で信号検出回路4に導かれる。圧電変換部41a等が電気駆動されると圧電体としての性質から超音波が発生し、発生された超音波は、水15を介して半導体チップ11に達する。半導体チップ11等による超音波の反射エコーは再び水15を介して圧電変換部41a等に入力し、これによりそれぞれの圧電変換部41a等は電気信号を発生する。

【0034】信号発生部1は、圧電変換部41a等が超音波を発生すべくパルス状または連続の駆動信号を発生するものである。発生された駆動信号は駆動素子選択部2に導かれる。駆動信号選択部2は、駆動すべきまたは複数の圧電変換部41a等を選択の上、信号発生部1から導かれた駆動信号を、選択された圧電変換部41a等に導くものである。

【0035】信号検出回路4は、圧電変換部41a等が発生する電気信号を検出するものである。検出された電気信号のうち検査に必要な複数のものは、それぞれ増幅器5a、5b、…、5iに導かれる。

【0036】増幅回路5a、5b、…、5iは、導かれた電気信号を増幅し、これをA/D変換器6a、6b、…、6iに供給するものである。A/D変換器6a、6

b、…、6 i は、導かれた電気信号を A/D 変換し、これを信号処理部 7 に導くものである。

【0037】信号処理部 7 は、A/D 変換器 6 a、6 b、…、6 i から導かれたデジタル信号を処理し検査対象の状態を可視化する情報を生成するものである。生成された情報は表示装置 10 に導かれる。表示装置 10 は、導かれた情報を表示するものである。

【0038】検査容器 110 は、検査対象の半導体チップ 11 等と超音波トランスデューサ 9 とを水 15 に浸漬するための容器である。

【0039】図 2 は、圧電変換部 41 a 等の断面構造を示す図である。同図に示すように、圧電変換部 41 a 等は、基板 121 上に下からグラウンド電極 122、界面化合物層 123、圧電体層 124、上部電極層 125 を有する。このうち少なくとも基板 121 とグラウンド電極 122 とは、すべての圧電変換部 41 a 等に共通に設けられる。基板 121 には、例えば単結晶や多結晶のシリコン、エポキシ、セラミック、SUS 等の金属を用いることができる。図 2 に示すような圧電変換部 41 a 等の形成は、すでに説明したような方法を適宜選択して行なうことができる。

【0040】図 1 に示す超音波検査装置の検査動作について説明する。圧電変換部 41 a 等を駆動するための信号が信号発生部 1 で発生され、これが駆動素子選択部 2 で選択された圧電変換部（図では圧電変換部 46 a）に導かれる。これにより、圧電変換部 46 a は超音波 U を発生し、発生された超音波は、水 15 を伝搬媒質として半導体チップ 11 等に照射される。

【0041】半導体チップ 11 等に照射された超音波 U は、半導体チップ 11 の表面で屈折してさらに進行し、例えば欠陥 14 の発生している接続半田 12 で反射してエコーとなり再び半導体チップ 11、水 15 を介して圧電変換部 46 a 等に達する。

【0042】これにより圧電変換部 41 a 等では電気信号を発生する。発生された電気信号は、信号検出回路 4 に導かれて検出される。信号検出回路 4 では、検出されたものから検査に必要な電気信号（図では、圧電変換部 41 a、…、50 a が発生したもの）をそれぞれ増幅器 5 a、…、5 i に導く。増幅器 5 a、…、5 i は、それぞれ、導かれた信号を増幅し、これを A/D 変換器 6 a、…、6 i に供給する。さらに、A/D 変換器 6 a、…、6 i で A/D 変換された信号が信号処理部 7 に取り込まれる。

【0043】信号処理部 7 では、駆動素子選択部 2 と信号検出回路 4 とによる切り換えが行なわれるたびに A/D 変換器 6 a、…、6 i から信号を取り込み、半導体チップ 11 と接続半田 12 の接合界面からの反射エコー強度の分布状態を画像化する処理を行なう。その結果は、表示装置 10 上に表示される。なお、接続半田 12 に欠陥（半田はがれなど）14 があると超音波 U の反射強度

が大きくなり、これにより、信号処理部 7 の処理結果でその位置と程度を知ることができる。

【0044】この実施形態では、圧電変換部 41 a 等の構造的、材料的特徴から高周波駆動が可能でありよって高解像の検査を行なうことができるのに加えて、圧電変換部 41 a 等がマトリクス化されているので、圧電変換素子の機械走査に比較して効率的に検査を行なうことができる。

【0045】なお、この実施形態では、音響媒質が水 15 であり検査対象である半導体チップ 11 等と物質が異なる。これにより、半導体チップ 11 の表面では、超音波の屈折が生じる。そこで、信号処理部 7 では、この屈折を勘案して半導体チップ 11 内での超音波の経路を特定する。

【0046】（第 2 の実施の形態）図 3 は、本発明の第 2 の実施形態に係る超音波検査装置の構成を説明する構成図である。同図において、すでに説明した構成要素には同一番号を付しその構成および動作の説明を省略する。この実施形態は、上記第 1 の実施形態と異なり、検査対象への超音波照射を水を介して行なうのではなくシユー材を用いて行なうものである。

【0047】同図に示すように、超音波トランスデューサ 9 は、シユー材 16 を基板として構成されている。そして、シユー材 16 は、その背面にカップラント 17 が設けられ、カップラント 17 を介して検査対象たる半導体チップ 11 等に押し当てられる。シユー材 16 は、半導体チップ 11 と同じ材質（例えばシリコン、エポキシ、セラミック等）からなっている。カップラント 17 は、すでに説明したような材質および厚さにすることができるが、ここでは一例として図示のようにシート上のものを使用している。

【0048】カップラント 17 によりシユー材 17 と半導体チップ 11 等とは平坦に接する状態となり、これにより、音波トランスデューサ 9 の圧電変換部 41 a 等が発する超音波は、図示するように、半導体チップ 11 の表面でほとんど屈折することなく進行する。よって、屈折を考慮して信号処理部 7 で処理する必要がなくなりより簡単に処理できる。

【0049】また、水を収容する検査容器を用意する必要がなく検査対象を水に浸漬しないので、検査後も対象を通常通り使用することができる。したがって、抜き取り検査のみではなく、手軽に気中でこの超音波検査を利用することができる。

【0050】また、この実施形態でも、圧電変換部 41 a 等の構造的、材料的特徴から高周波駆動が可能でありよって高解像の検査を行なうことができるのに加えて、圧電変換部 41 a 等がマトリクス化されているので、圧電変換素子の機械走査に比較して効率的に検査を行なうことができる。

【0051】（第 3 の実施の形態）図 4 は、本発明の第

3の実施形態に係る超音波検査装置の構成を説明する構成図である。同図において、すでに説明した構成要素には同一番号を付しその構成および動作の説明を省略する。この実施形態では、検査対象たる半導体チップ11a等の背面（機能面の反対側）に直接圧電変換部を形成し、その上部電極に接触端子で接触して駆動電圧の供給および発生電圧の取り出しを行なうようにしたものである。

【0052】図4に示すように、半導体チップ11aの背面には、例えばスパッタにより共通電極58が形成され、さらに、共通電極58上に圧電体層60a、60b、60c、60d、…がマトリクス状に形成されている。圧電体層60a等上には上部電極59a、59b、59c、59d、…がそれぞれ形成されている。圧電体層60a等は、例えば、マスクパターンを用いてスパッタにより形成することができる。なお、それぞれの圧電変換部の配置・形成は、信号処理をより単純化するため接続半田12の配置と対応するようにしてもよい。

【0053】上部電極59aを介する駆動電圧の供給および発生電圧の取り出しは、接触端子61a、61b、61cにより行なう。接触端子61a等は、走査移動機構8により走査移動が可能とされている。なお、この図では、接触端子を3つとしているがその数は適宜設定してよい。また、接触端子61a等は具体的にはすでに説明したようなものを用いることができる。

【0054】信号処理部7aでは、走査移動機構8が接触端子61a等に与える位置を情報として得、これと超音波Ua、Ub、Uc等による検出信号からの情報とにより半導体チップ11aと接続半田12の接合界面からの反射エコー強度の分布状態を画像化する処理を行なう。

【0055】この実施形態でも、水を収容する検査容器を用意する必要がなく検査対象を水に浸漬しないので、検査後も対象を通常通り使用することができる。したがって、抜き取り検査のみではなく、手軽に気中でこの超音波検査を利用することができる。

【0056】また、同様に、圧電変換部の構造的、材料的特徴から高周波駆動が可能でありよって高解像の検査を行なうことができる。なお、ここで説明した接触端子61a等による圧電変換部との接触を用いて駆動電圧の供給および発生電圧の取り出しをする方法は、第1、第2の実施形態において、その説明では導線を用いていた圧電変換部41a等との接続に代えて利用することもできる。

【0057】（第4の実施の形態）図5は、本発明の第4の実施形態に係る超音波検査装置の構成を説明する構成図である。同図において、すでに説明した構成要素には同一番号を付しその構成および動作の説明を省略する。この実施形態は、超音波トランスデューサを機械的に走査して検査を行なうものである。

【0058】同図に示すように、この超音波検査装置は、超音波トランスデューサ9a、信号発生部1a、信号検出回路4a、増幅器5a、A/D変換器6a、信号処理部7b、表示装置10、検査容器110aを有する。検査容器110a内には水15が収容され、この水15に浸漬されて超音波トランスデューサ9aと検査対象（超音波の照射対象）たる半導体チップ11等が配置される。

【0059】超音波トランスデューサ9aは、凹型形状の基板表面上に電極層29、圧電体層30、上部電極層31が順次積層された構造を有し、この積層構造が圧電変換部として機能する。圧電変換部には、駆動部1aからの駆動信号が導線で導かれる。また、圧電変換部が発生する電気信号は導線で信号検出回路4aに導かれる。圧電変換部が電気駆動されると圧電体としての性質から超音波Uが発生し、発生された超音波は、水15を介して半導体チップ11に達する。半導体チップ11等による超音波のエコーは再び水15を介して圧電変換部に入力し、これにより圧電変換部は電気信号を発生する。

【0060】駆動部1aは、圧電変換部が超音波を発生すべくパルス状または連続の駆動信号を発生するものである。信号検出回路4aは、圧電変換部で発生する電気信号を検出するものである。検出された電気信号は、増幅器5aに導かれる。以降のA/D変換器6a、表示装置10はすでに説明したものと同様である。

【0061】信号処理部7bは、A/D変換器6aから導かれたデジタル信号と走査移動機構8aが超音波トランスデューサ9aに与える位置を情報と得て処理し検査対象の状態を可視化する情報を生成するものである。生成された情報は表示装置10に導かれる。

【0062】走査移動機構8aは、超音波トランスデューサ9aの位置を設定する機構として設けられ、設定する位置の情報は、信号処理部7bへ導かれる。検査容器110aは、検査対象の半導体チップ11等と超音波トランスデューサ9aとを水15に浸漬するための容器である。

【0063】超音波トランスデューサ9aの積層構造についてさらに説明すると、電極層29は、静電引力を利用する接着層としても機能させるように形成することができる。材質としてはCr、Ta、Siなどの中から選択することができる。圧電体層30は、すでに説明したような材質のものを研磨により例えば10μm程度に薄膜化し接着して形成できる。なお、図で電極層29の下の基板に導電性のもの（例えばドーパされたSi単結晶、その表層のみドーパされたものでもよい。）を用いる場合には、電極層29を形成しなくてもよい。

【0064】図5に示す超音波検査装置の検査動作について説明する。走査移動機構8aにより超音波トランスデューサ9aの位置が決められ、かつ、超音波トランスデューサ9aを駆動するための信号が駆動部1aで発生

される。これにより、超音波トランスデューサ 9 a は超音波 U を発生し、発生された超音波は、水 1 5 を伝搬媒質として半導体チップ 1 1 等に照射される。

【0065】半導体チップ 1 1 等に照射された超音波 U は、半導体 1 1 の表面で屈折してさらに進行し、例えば欠陥 1 4 の発生している接続半田 1 2 で反射してエコーとなり再び半導体チップ 1 1、水 1 5 を介して超音波トランスデューサ 9 a に達する。

【0066】これにより超音波トランスデューサ 9 a では電気信号を発生する。発生された電気信号は、信号検出回路 4 a に導かれて検出される。信号検出回路 4 a は、検出された電気信号を増幅器 5 a に導く。増幅器 5 a は、導かれた信号を増幅し、これを A/D 変換器 6 a に供給する。さらに、A/D 変換器 6 a で A/D 変換された信号が信号処理部 7 b に取り込まれる。

【0067】信号処理部 7 b では、A/D 変換器 6 a から導かれたデジタル信号と走査移動機構 8 a が超音波トランスデューサ 9 a に与える位置を情報とを得て処理し、半導体チップ 1 1 と接続半田 1 2 の接合界面からの反射エコー強度の分布状態を画像化する処理を行なう。その結果は、表示装置 1 0 上に表示される。このような処理は、走査移動機構 8 a により超音波トランスデューサ 9 a の位置が決めるたびに行なうことができる。

【0068】この実施形態では、超音波トランスデューサ 9 a の構造的、材料的特徴から高周波駆動が可能でありよって高解像の検査を行なうことができる。また、例えば静電力を利用する接着により圧電体層 3 0 をより均一に基板上に形成することができるので、均一性が劣ることによる感度や解像度の劣化を防止することもできる。

【0069】なお、この実施形態でも、音響媒質が水 1 5 であり検査対象である半導体チップ 1 1 等と物質が異なるので、半導体チップ 1 1 の表面では、超音波 U の屈折が生じる。そこで、信号処理部 7 b では、この屈折を勘案して半導体チップ 1 1 内での超音波の経路を特定する。

【0070】（第 5 の実施の形態）図 6 は、本発明の第 5 の実施形態に係る超音波検査装置の構成を説明する構成図である。同図において、すでに説明した構成要素には同一番号を付しその構成および動作の説明を省略する。この実施形態は、レーザー光を用いて検査対象に超音波を生じさせ、そのエコーを検出・処理することにより検査対象を検査するものである。

【0071】同図に示すように、この超音波検査装置は、強度変調レーザー光源 1 0 1、照射光学系 1 0 2、振動変位検出器 7 1、増幅器 5 a、5 b、…、5 i、A/D 変換器 6 a、6 b、…、6 i、信号処理部 7、表示装置 1 0、走査移動機構 8 b を有する。走査移動機構 8 b により位置決めされた照射光学系 1 0 2 からのレーザー光が、検査対象たる半導体チップ 1 1 等に照射され

る。

【0072】強度変調レーザー光源 1 0 1 は強度変調されたレーザー光（強度変調の特殊な場合としての間欠的なレーザー光でもよい）を発生し、発生されたレーザー光は照射光学系 1 0 2 に導かれる。照射光学系 1 0 2 は、導かれたレーザー光をスポット状にして検査対象たる半導体チップ 1 1 の所定の位置に照射する。所定の位置に照射するため、照射光学系 1 0 2 は、走査移動機構 8 b によって走査移動される。なお、レーザー光の照射により半導体チップ 1 1 には、エネルギーの変換が生じ超音波が発生する。

【0073】振動変位検出器 7 1 は、半導体チップ 1 1 の表面にエコーとして帰還する各部の超音波を非接触で検出し電気信号に変換するものである。検出の原理は、半導体チップ 1 1 の表面に帰還する超音波によるその表面の振動変位を、振動変位検出器 7 1 から照射して反射されるレーザー光の位相変化により測定・検出するものである。検出された電気信号のうち検査に必要な複数のものは、それぞれ増幅器 5 a、5 b、…、5 i に導かれる。これ以降の構成である A/D 変換器 6 a、6 b、…、6 i、信号処理部 7、表示装置 1 0 についてはすでに説明したようである。

【0074】走査移動機構 8 b は、照射光学系 1 0 2 と振動変位検出器 7 1 とを同期的に移動させるものであり、同時に照射光学系 1 0 2 と振動変位検出器 7 1 との位置情報を信号処理部 7 a に供給する。

【0075】図 6 に示す超音波検査装置の検査動作について説明する。強度変調レーザー光源 1 0 1 で発生されたレーザー光は照射光学系 1 0 2 に導かれ、照射光学系 1 0 2 は、導かれたレーザー光をスポット状にして検査対象たる半導体チップ 1 1 の所定の位置に照射する。なお、その位置は、走査移動機構 8 b により設定される。これにより、半導体チップ 1 1 の上記位置の表面から超音波が発生される。

【0076】半導体チップ 1 1 の表面で発生された超音波は、半導体チップ 1 1 中を進行し、例えば欠陥 1 4 の発生している接続半田 1 2 で反射してエコー U a、U b、U c となり再び半導体チップ 1 1 の表面に達する。

【0077】これにより振動変位検出器 7 1 は、上記原理により、半導体チップ 1 1 の表面に帰還した各部の超音波に対応した複数の電気信号を発生する。発生された電気信号のうち検査に必要な電気信号をそれぞれ増幅器 5 a、…、5 i に導く。増幅器 5 a、…、5 i は、それぞれ、導かれた信号を増幅し、これを A/D 変換器 6 a、…、6 i に供給する。さらに、A/D 変換器 6 a、…、6 i で A/D 変換された信号が信号処理部 7 a に取り込まれる。

【0078】信号処理部 7 a では、走査移動機構 8 b が照射光学系 1 0 2 等に与える位置を情報として得、これと上記の取り込んだ信号とにより半導体チップ 1 1 と接

続半田 12 の接合界面からの反射エコー強度の分布状態を画像化する処理を行なう。

【0079】この実施形態では、間欠的にまたは強度変調して発生されたレーザー光をスポット状にすることにより照射対象上の正確な位置に極めて小面積の超音波発生源を作ることができる。これにより、そのエコーを捉えることにより高解像な探知が可能になる。

【0080】また、水を収容する検査容器を用意する必要がなく検査対象を水に浸漬しないので、検査後も対象を通常通り使用することができる。したがって、抜き取り検査のみではなく、手軽に気中でのこの超音波検査を利用することができる。

【0081】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明によれば、超音波トランスデューサの構造的、材料的特徴から、手軽で手早く、解像度の高い超音波非破壊検査が実現できる。また、本発明によれば、検査対象の表面に極めて小面積の超音波発生源を作ることができるので超音波検査の高解像度化が実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る超音波検査装置の構成を説明する構成図。

【図2】図1中に示した圧電変換部41a等の断面構造を示す図。

【図3】本発明の第2の実施形態に係る超音波検査装置

の構成を説明する構成図。

【図4】本発明の第3の実施形態に係る超音波検査装置の構成を説明する構成図。

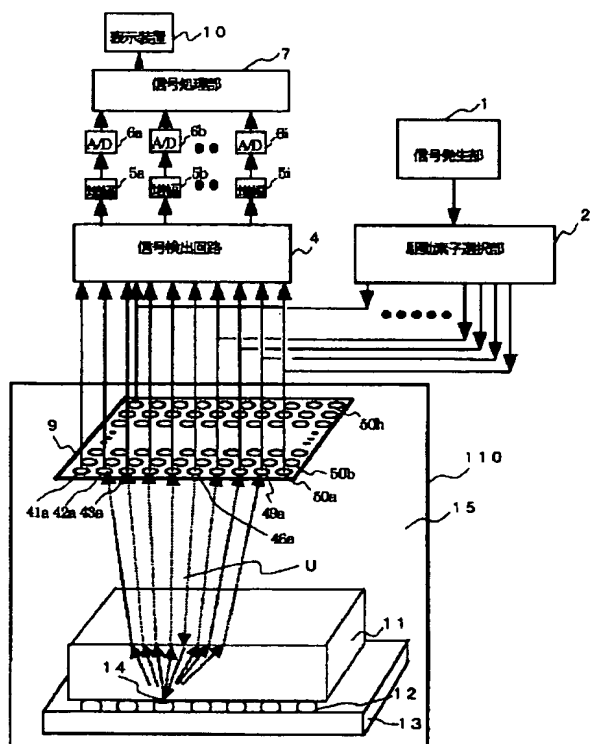
【図5】本発明の第4の実施形態に係る超音波検査装置の構成を説明する構成図。

【図6】本発明の第5の実施形態に係る超音波検査装置の構成を説明する構成図。

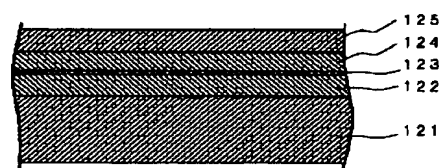
【符号の説明】

1…信号発生部、1a…駆動部、2…駆動素子選択部、4、4a…信号検出回路、5a、5b、…、5i…増幅器、6a、6b、…、6i…A/D変換器、7、7a、7b…信号処理部、8、8a、8b…走査移動機構、9、9a…超音波トランスデューサ、10…表示装置、11、11a…半導体チップ、12…接続半田、13…配線基板、14…欠陥、15…水、16…シュー材、17…カップラント、29…電極層、30…圧電体層、31…上部電極層、41a、42a、43a、45a、46a、49a、50a、50b、50h…圧電変換部、59a、59b、59c、59d…上部電極、60a、60b、60c、60d…圧電体層、61a、61b、61c…接触端子、71…振動変位検出器、101…強度変調レーザー光源、102…照射光学系、110、110a…検査容器、121…基板、122…グラウンド電極、123…界面化合物層、124…圧電体層、125…上部電極層

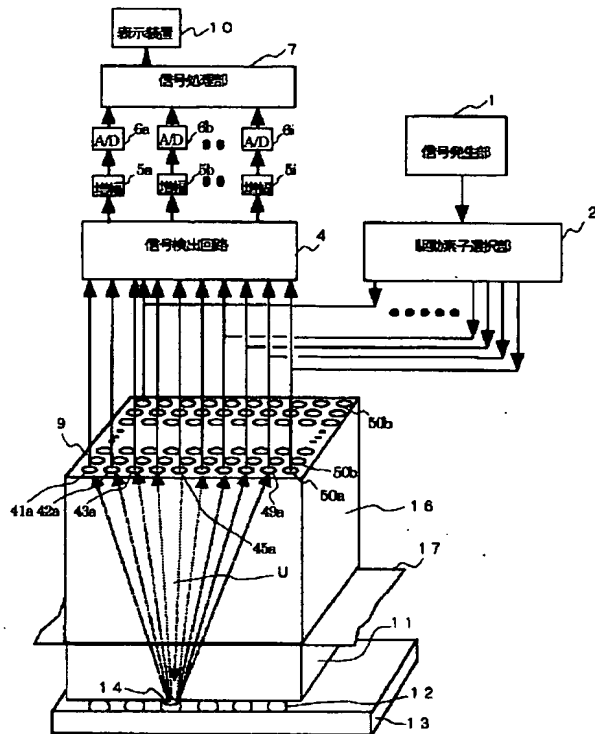
【図1】



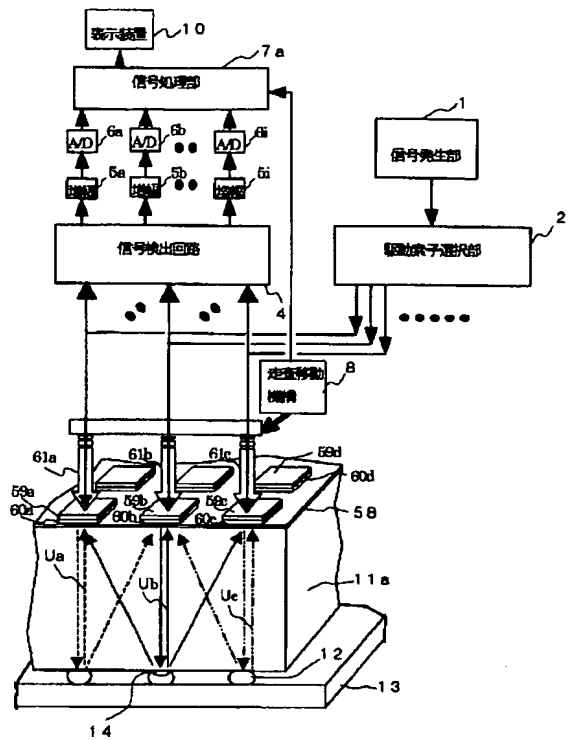
【図2】



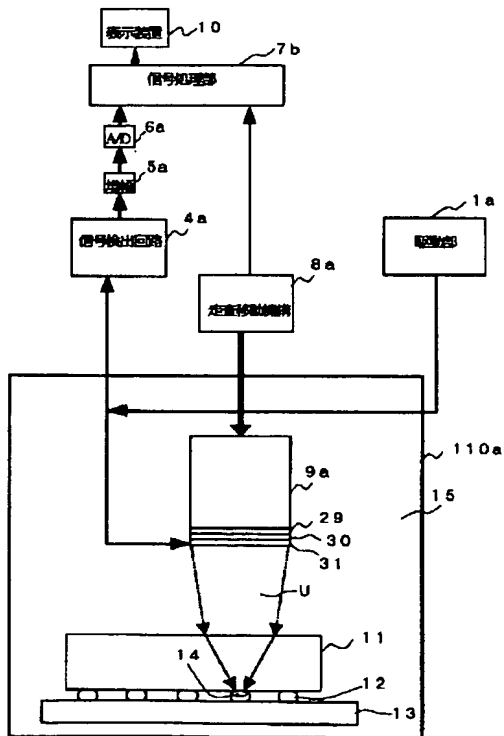
【図3】



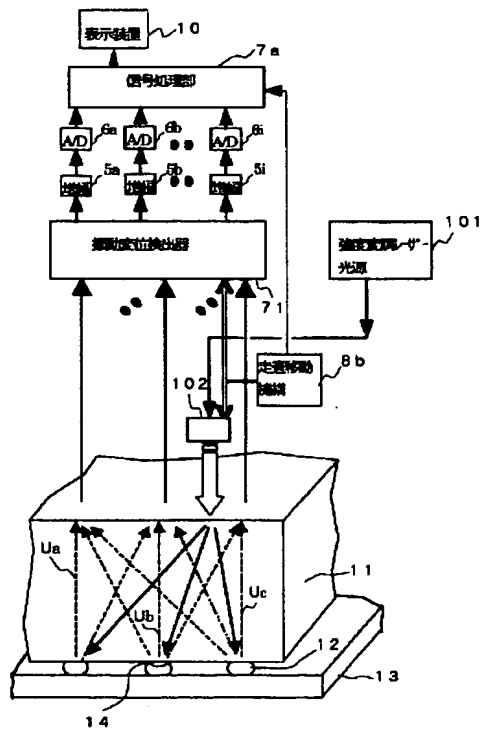
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マコ-ト (参考)
H 0 4 R	1/34	H 0 4 R	1/34 3 3 0 Z
(72) 発明者 落合 誠		(72) 発明者 福田 勝義	
神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株		神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株	
式会社東芝横浜事業所内		式会社東芝研究開発センター内	
		F タ-ム (参考) 2G047 AA08 AB07 AC10 BA03 BB04	
		CA01 CA04 EA01 GB02 GB17	
		5D019 FF04	
		5D107 BB09 CC01 CC12 CC13 FF03	